

Rec'd PCT/PTO 14 OCT 2005
PCT/JP 2004/005617

10/553287
31.5.2004

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office.

出願年月日 2003年 4月22日
Date of Application:

出願番号 特願2003-117287
Application Number:
[ST. 10/C]: [JP 2003-117287]

REC'D 22 JUL 2004

WIPO

PCT

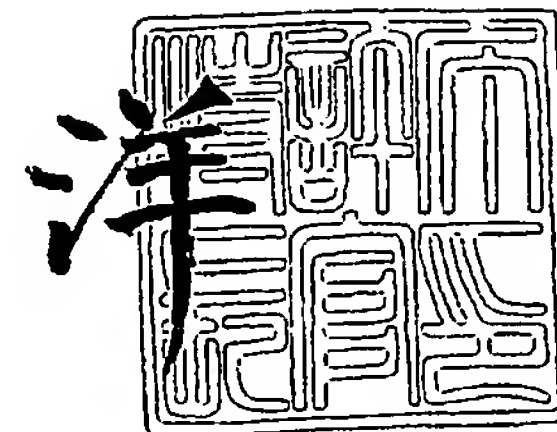
出願人 株式会社安川電機
Applicant(s):

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2004年 7月 8日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小川



出証番号 出証特2004-3058913

【書類名】 特許願
【整理番号】 M0303042M
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 G05D 3/12
【発明者】

【住所又は居所】 福岡県北九州市八幡西区黒崎城石 2 番 1 号 株式会社安
川電機内

【氏名】 渡邊 寛治

【発明者】

【住所又は居所】 福岡県北九州市八幡西区黒崎城石 2 番 1 号 株式会社安
川電機内

【氏名】 済陽 和彦

【発明者】

【住所又は居所】 福岡県北九州市八幡西区黒崎城石 2 番 1 号 株式会社安
川電機内

【氏名】 清田 直登

【特許出願人】

【識別番号】 000006622

【氏名又は名称】 株式会社安川電機

【代理人】

【識別番号】 100099508

【弁理士】

【氏名又は名称】 加藤 久

【電話番号】 092-413-5378

【選任した代理人】

【識別番号】 100121371

【弁理士】

【氏名又は名称】 石田 和人

【電話番号】 092-413-5378

【選任した代理人】

【識別番号】 100116296

【弁理士】

【氏名又は名称】 堀田 幹生

【電話番号】 092-413-5378

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 013930

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0212037

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 ツイン同期制御方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 締結部により機械的に締結されている 2 つの軸を駆動する 2 つのモータを同期して運転するツイン同期制御方法において、

前記 2 つの軸のうち一方の軸を位置制御で低速動作させ、他方の軸はフリーランで追従させて原点復帰を行い、

前記一方の軸と他方の軸の位置偏差を任意のピッチで計測し、前記一方の軸が走行する位置に対応する前記位置偏差を関数としてデータベースに記録し、

1 つの位置指令をメイン位置指令として前記一方の軸にはそのまま分配し、前記他方の軸には前記データベースに記録された関数を用いて補正した位置指令として分配して運転を行う

ことを特徴とするツイン同期制御方法。

【請求項 2】 前記任意のピッチで計測した偏差は、関数内部で直線補間処理を行い出力することを特徴とする請求項 1 記載のツイン同期制御方法。

【請求項 3】 前記他方の軸への位置指令は、走行速度をパラメータにして補正值の位相を進ませることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載のツイン同期制御方法。

【請求項 4】 前記締結部の重心位置を検出し、

その位置信号を入力として各軸の慣性補償ゲインを生成する関数を準備し、

前記締結部の重心位置で前記慣性補償ゲインを変更し、

前記 2 つの軸の位置指令から求めた加速度と各軸の質量とに基づいて演算した必要トルクをトルク指令に加えること

を特徴とする請求項 1 記載のツイン同期制御方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、高速搬送機械やその他機械等のガントリー形機械の高速位置決め制御に適用される応用機械に関し、特に高速、高精度用途の制御方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、産業機械分野の高速、高精度搬送機械において、2つの軸を同期して運転するいわゆるガントリー形機械が導入されてきている。このガントリー形機械において軸間の同期を行う場合には、剛性が低く、振れやガタ等が存在する機械では、高速、高精度の同期運転を実現することは難しい。

従来は、2軸間の偏差を少なくするため、各軸に同じ位置指令、速度指令をコントローラから分配し、各軸の位置制御、速度制御ループのゲインを高ゲインに調整し、位置制御、速度制御ループに積分を使い制御中の偏差を無くし、かつ速度フィードフォワードを行うことで軸毎の応答性を上げて、2軸間の偏差を小さくする方法を採用していた（例えば特許文献1参照）。

【0003】

【特許文献1】

特開平11-305839号公報

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

ところが、ガントリー形の機械構造の場合、

(1) 機械的に2軸が締結されているため高ゲインに耐えられる剛性の高い機械にすることは難しい。

(2) 前記で説明した機械の据付誤差、位置センサの取り付け誤差、各軸の歪、ガタが必ず存在する。

(3) 2軸間の偏差を減らすために高ゲイン化したのにもかかわらず、制御中に互いに干渉して、互いが出すトルクが外乱となり、機台振動や精度に悪影響を及ぼす。

等の問題がある。

本発明は、ガントリー形の構造をもつ機械に対して、このような問題を回避して容易に高速、高精度の動作を実現することのできるツイン同期方法を提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】

前記課題を解決するため、請求項1記載の発明に係るツイン同期制御方法は、締結部により機械的に締結されている2つの軸を駆動する2つのモータを同期して運転するツイン同期制御方法において、前記2つの軸のうち一方の軸を位置制御で低速動作させ、他方の軸はフリーランで追従させて原点復帰を行い、前記一方の軸と他方の軸の位置偏差を任意のピッチで計測し、前記一方の軸が走行する位置に対応する前記位置偏差を関数としてデータベースに記録し、1つの位置指令をメイン位置指令として前記一方の軸にはそのまま分配し、前記他方の軸には前記データベースに記録された関数を用いて補正した位置指令として分配して運転を行うことを特徴とする。

【0006】

2軸の同期誤差を減少させるためには、まず原点復帰動作をどうするかを決めることが重要である。この場合、まず原点復帰動作を行う場合には、2軸を同時に電氣的に速度制御と位置制御で動作させると、各軸のモータが機械側に応力を与えるため機械自体が持つ歪等の特性が把握できない。よって原点復帰時の駆動は、メイン軸（2軸中どちらでも可）を位置制御で低速で動作させて、他軸はフリーランで追従させて片側駆動で原点復帰を行う。

本来、機械的に且つ理想的に締結されている構造ならば、2軸間の偏差がどここの位置でも0であるべきであるが、現実の機械では据付誤差、位置センサの取り付け誤差、各軸の歪、ガタが必ず存在するため、場所により必ず2軸間の偏差が生じている。そのため、2軸間の偏差を自動的に任意のピッチで計測し、データベースに記録する。この時点でも原点復帰時と同様に2軸を同時に電氣的に速度制御と位置制御で動作させると、各軸のモータが機械側に応力を与えるため機械自体が持つ歪等の特性が把握できない。よって計測時の駆動は、メイン軸を位置制御で低速で動作させて、他軸はフリーランで追従させて2軸間の偏差の測定を行う。

2軸を同期させるためには、1つの位置指令を主位置指令として2軸に分配する。この分配する主位置指令を1軸目にはそのまま分配し、他の軸に対しては、前記データベースに記録された関数を使用して、入力には主位置指令を使用しそ

の出力を使い、主位置指令－関数出力値＝他軸の位置指令（2軸目の位置指令）
即ちを振れ分を考慮した補正を加味して位置指令をして分配する。

上記手段により、従来の制御方式では実現できなかった高速、高精度な同期制御が、機械系の剛性や歪みのよる悪影響を受けることなく実現することができる。

【0007】

請求項2記載の発明は、前記任意のピッチで計測した偏差は、関数内部で直線補間処理を行い出力することを特徴とする。

請求項2の発明においては、任意のピッチで計測した偏差は、移動距離に応じて任意に変化するため、関数内部で直線補間処理を行い出力させる。

請求項3記載の発明は、前記他方の軸への位置指令は、走行速度をパラメータにして補正值の位相を進ませることを特徴とする。

請求項3の発明においては、機械の走行速度が上がると補正自体を行う処理時間の遅れが問題になるため、走行速度をパラメータにして補正值の位相を進ませる機能を用いて同期制御を行う。

【0008】

請求項4記載の発明は、前記締結部の重心位置を検出し、その位置信号を入力として各軸の慣性補償ゲインを生成する関数を準備し、前記締結部の重心位置で前記慣性補償ゲインを変更し、前記2つの軸の位置指令から求めた加速度と各軸の質量とに基づいて演算した必要トルクをトルク指令に加えることを特徴とする。

この請求項4の発明においては、Y1、Y2軸を締結したX軸が可動する場合は、機械の重心位置が移動するため、同期精度が劣化する。それを慣性補正するため、X軸の移動する位置を把握し、その位置信号を入力として慣性補償ゲイン K_{tffx} を生成する関数を準備して、X軸の位置で慣性補償ゲイン K_{tffx} を変更する。傾きは重心の変化で軸にかかる荷重の変化分を基本とする。

これにより、従来の制御方式では実現できなかった高速、高精度な同期制御が、機械系の剛性や歪み、締結部のX軸の移動による重心の変化よる悪影響を受けることなく実現することができる。

【0009】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施例を図に基づいて説明する。

<第1実施形態>

図1は本発明をリニアモータを用いて構築する第1実施形態の構成を示しており、(a)は正面図、(b)は側面図、(c)は平面図である。図中、1はコントローラ、2はサーボドライブ、3は可動子、4は固定子、5はリニアスケール、6は2軸を機械的に締結する締結治具である。

図2は本実施形態の制御ブロック図である。同図において、コントローラ1は、メイン位置指令生成部11と、補間部12と、位相進み補償部13と、振れ分補正值生成関数部14と、微分演算部15、16と、スケール変換部17と、ゲインアンプ18とから構成される。また、サーボドライブ2-1、2-2は、位置ループ制御部21と、速度ループ制御部22と、電流ループ制御部23とから構成される。図中7-1は1軸目のモータ、7-2は2軸目のモータ、24はそれぞれモータ7-1、7-2の可動子位置を検出するリニアスケールである。

【0010】

図2の制御ブロック図において、コントローラ1の内部では、まずメイン位置指令をメイン位置指令生成部11により生成し、それを補間部12で補間することにより、時々刻々のメイン位置指令を生成する。1軸目サーボドライブ2-1に対しては、メイン軸として生成したメイン位置指令とその位置指令を2段の微分演算部15、16で2階時間微分して、スケール変換部17でスケール変換を行い、ゲインアンプ18でゲイン K_{tff} を乗ずる。これにより、T-FF（トルクフィードフォワード）を生成する。

2軸目サーボドライブ2-2に対しては、メイン軸の時々刻々の位置指令を入力として、振れ分補正值生成関数部14で生成した振れ分補正関数を使用して、通過する位置指令に応じた振れ補正位置指令を生成し、時々刻々の

$$\text{メイン位置指令} - \text{振れ分補正位置指令} = \text{2軸の位置指令}$$

を生成して2軸目サーボドライブ2-2に出力する。

【0011】

図3は、振れ分補正值生成関数部14における振れ分補正関数の生成手順を示すフローチャートである。

ステップ1：原点復帰

メイン軸である1軸目を位置制御で、他軸である2軸目はフリーランで原点復帰させる。

ステップ2：2軸間振れデータ計測

2軸間の偏差（1軸の位置FB－2軸目の位置FB）を自動的に任意のピッチで計測し、データベースに記録する方法を行う。この時点でも原点復帰時と同様に2軸を同時に電氣的に速度制御と位置制御で動作させると、各軸のモータが機械側に応力を与えるため機械自体が持つ歪等の特性が把握できない。よって計測時の駆動は、メイン軸（2軸中どちらでも可）を位置制御で低速で動作させて、他軸はフリーランで追従させて2軸間の偏差の測定を行う。

ステップ3：振れデータの関数化

走行する位置を入力とし、ステップ2で測定した軸間の偏差を出力とする関数を生成する。なお入力は移動距離に応じて任意に変化するため、ステップ2で任意のピッチで計測した偏差は、関数内部で直線補間処理を行い出力させる。

【0012】

なお、加減速時の応答性の向上を図るためサーボドライブ2-1、2-2側に1軸、2軸両方に同時に出力する。このような同期制御を行う手法としては、本出願人の出願に係る特開平06-28036号公報に記載された位置同期形速度制御系における位置追従制御方法を用いることができる。

なお自動計測操作で生成した補正量だけでは、補正できない場合に備えて、マニュアルで補正量をオフセット値として加えられる機能も準備する。また機械の走行速度が上がると補正自体を行う処理時間の遅れが問題になる場合に備えて、走行速度をパラメータにして補正值の位相を進ませる機能も準備する。

【0013】

図4は具体的に図3で示した手順で計測した振れ補正量のグラフである。

Aは実際に機械にレーザ変位計を取り付けて計測した振れ量、Bは図3で示した手順で測定した振れ量である。前述したオフセット量を加えているためその分

だけオフセットしているが、図3で示した方法により正確に機械の振れ量が測定可能であることがわかる。

図5および図6は、メイン位置指令とメイントルク指令および補正側トルク指令の関係を示すもので、図5は本実施形態の方法を使用しない場合の例、図6は本実施形態の方法を使用した例である。図6では、2軸間の偏差が約 $1/3$ と著しく改善されていることが解る。このように、本発明の方法を用いることにより、リニアモータを使用したガントリー形の機械において、従来実現できなかった同期制御が実現できる。

【0014】

<第2実施形態>

図7は本発明の第2実施形態を示すコントローラのブロック図である。

図7において、コントローラ1は、メイン位置指令生成部31と、補間部32と、微分演算部33, 34と、慣性演算部35, 37と、y1軸トルクFF（フィードフォワード）補償部36と、y2軸トルクFF補償部38と、X軸位置検出部39と、慣性補償ゲイン生成関数部40と、慣性補償部41, 42とを備えている。

この第2実施形態では、X軸が移動する場合の慣性補正を、トルクFF（フィードフォワード）補償で制御する。

【0015】

ツイン同期（ガントリータイプ）の機械においては、締結治具6（X軸）部が移動してかつツイン駆動部（Y1、Y2軸）が同期運転する場合、機械の重心位置が移動するため、同期精度が劣化する。

そこで、機械の重心位置の移動による精度劣化を慣性補正するため、X軸の移動する位置をX軸位置検出部39で把握し、その位置信号を入力として、慣性補償源生成関数部40で慣性補償ゲイン K_{tffx} を生成する関数を準備して、X軸の位置で慣性補償ゲイン K_{tffx} を変更する（図7（a）参照）。

この慣性補償ゲイン K_{tffx} の傾きは、重心の変化で軸にかかる荷重の変化分を基本とする。すなわち、X軸の物体が移動することでX軸の重心が変化し、Y1、Y2にかかる荷重が変化するので、その変化分だけをベースとして補正を

行う。

傾きは、X軸の現在位置からX軸の中立位置をまず減算し、調整係数、すなわち、出力するトルク補正量と実際の全体のトルク指令が一致するように調整するための係数を乗じて、その値に対してY1、Y2軸にX軸の位置に従い傾きをつけるために、図8のようにY1に対しては、1.0から減算し、Y2に対しては1.0を加算することでY1、Y2軸の慣性補償係数 $K_{tff y1}$ 、 $K_{tff y2}$ を生成する。

【0016】

この $K_{tff y1}$ 、 $K_{tff y2}$ を使い、慣性補償部41、42では、X軸が移動した場合のY1、Y2軸の質量 $W_{wy1'}$ と $W_{wy2'}$ を次式に基づいて計算する。なお、 W_{wy1} および W_{wy2} は、移動前のY1軸およびY2軸の質量である。

$$W_{wy1'} = W_{wy1} \times K_{tff y1}$$

$$W_{wy2'} = W_{wy2} \times K_{tff y2}$$

実際のトルクFF指令は、メイン位置指令生成部31で生成され、補間部32で補間されたメインの位置指令を2段の微分演算部33、34で2階時間微分し、加速度 α_{ref} を生成する。慣性演算部35、37では、加速度 α_{ref} と、Y1軸、Y2軸の移動後の質量 $W_{wy1'}$ 、 $W_{wy2'}$ と、締結治具6の質量 W_t と、モータの質量 W_m と、負荷のトルク F_L を用い、動作する場合に必要なトルクを次式により計算する。

$$(((W_{wy1'} + W_t + W_m) \times \text{加速度 } \alpha_{ref} + F_L) / \text{定格推力}) \times 100\%$$

$$(((W_{wy2'} + W_t + W_m) \times \text{加速度 } \alpha_{ref} + F_L) / \text{定格推力}) \times 100\%$$

このように計算されたトルクは、y1軸トルクFF補償部36、y2軸トルクFF補償部38に補償トルクとして入力し、ドライバ側のトルク指令に加えることにより、同期精度を改善させる。

【0017】

図9および図10は、メイン位置指令とメイントルク指令および補正側トルク指令の関係を示すもので、図9は本実施形態の方法を使用しない場合の例、図10は本実施形態の方法を使用した例である。図9ではX軸が可動した場合に、Y

1のトルクFFの量とY1の実際に必要なトルク指令が一致していないため、2軸間の偏差が生じている。図10では、この補正によりY1のトルクFFの量とY1で実際に必要なトルク指令が一致しているため2軸間の偏差が約1/5と著しく改善されていることが解る。

【0018】

【発明の効果】

以上述べたように、本説明によれば、2つの軸のうち一方の軸を位置制御で低速動作させ、他方の軸はフリーランで追従させて原点復帰を行い、前記一方の軸と他方の軸の位置偏差を任意のピッチで計測し、前記一方の軸が走行する位置に対応する前記位置偏差を関数としてデータベースに記録し、1つの位置指令をメイン位置指令として前記一方の軸にはそのまま分配し、前記他方の軸には前記データベースに記録された関数を用いて補正した位置指令として分配して運転を行うことにより、高速、高精度の動作を実現することのできるツイン同期制御を容易に実現することができる。

さらに、締結部の重心位置を検出し、その位置信号を入力として各軸の慣性補償ゲインを生成する関数を準備し、前記締結部の重心位置で前記慣性補償ゲインを変更し、前記2つの軸の位置指令から求めた加速度と各軸の質量とに基づいて演算した必要トルクをトルク指令に加えることにより、2つの軸の一方のトルクフィードフォワードの量と実際に必要なトルク指令が一致しているため2軸間の偏差を著しく低減することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施形態における構成を示すもので、(a)は正面図、(b)は側面図、(c)は平面図である。

【図2】 本発明の第1実施形態における制御ブロック図である。

【図3】 本発明の第1実施形態における振れ分補正関数生成手順を示すフローチャートである。

【図4】 本発明の第1実施形態における振れ補正量出力例を示す図である。

【図5】 本発明の第1実施形態における振れ補正無しの場合のメイン位置

指令とメイントルク指令および補正側トルク指令の関係を示す図である。

【図6】 本発明の第1実施形態における振れ補正有りの場合のメイン位置指令とメイントルク指令および補正側トルク指令の関係を示す図である。

【図7】 本発明の第2実施形態における慣性補正制御ブロック図である。

【図8】 本発明の第2実施形態における慣性補正ゲイン生成詳細説明図である。

【図9】 本発明の第2実施形態における慣性補正制御無しの場合のメイン位置指令とメイントルク指令および補正側トルク指令の関係を示す図である。

【図10】 本発明の第2実施形態における慣性補正制御有りの場合のメイン位置指令とメイントルク指令および補正側トルク指令の関係を示す図である。

【符号の説明】

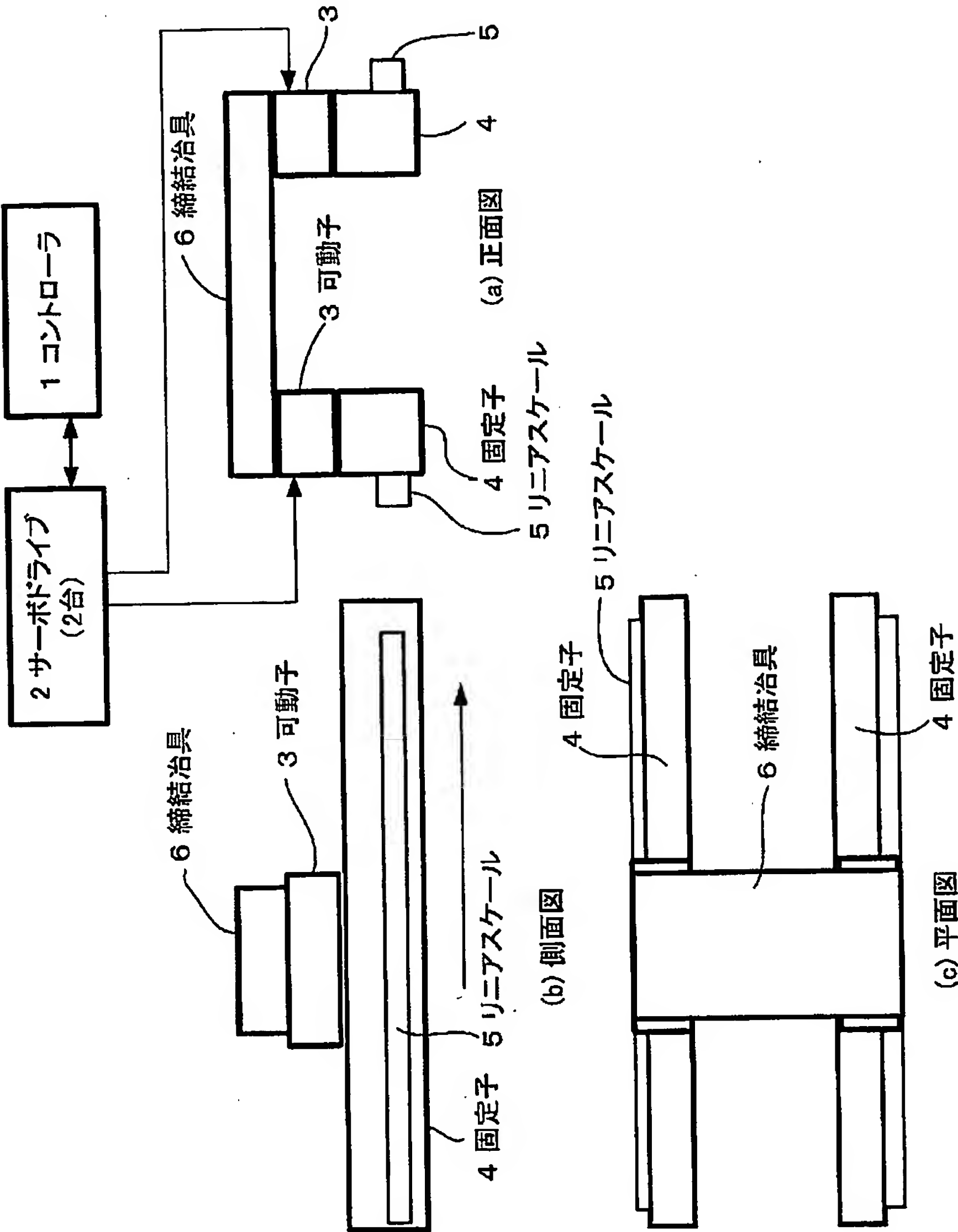
- 1 コントローラ
- 2, 2-1, 2-2 サーボドライブ
- 3 可動子
- 4 固定子
- 5 リニアスケール
- 6 締結治具
- 7-1 1軸目のモータ
- 7-2 2軸目のモータ
- 11 メイン位置指令生成部
- 12 補間部
- 13 位相進み補償部
- 14 振れ分補正值生成関数部
- 15, 16 微分演算部
- 17 スケール変換部
- 18 ゲインアンプ
- 21 位置ループ制御部
- 22 速度ループ制御部
- 23 電流ループ制御部

- 24 リニアスケール
- 31 メイン位置指令生成部
- 32 補間部
- 33, 34 微分演算部
- 35, 37 慣性演算部
- 36 y1軸トルクFF補償部
- 38 y2軸トルクFF補償部
- 39 X軸位置検出部
- 40 慣性補償ゲイン生成関数部
- 41, 42 慣性補償部

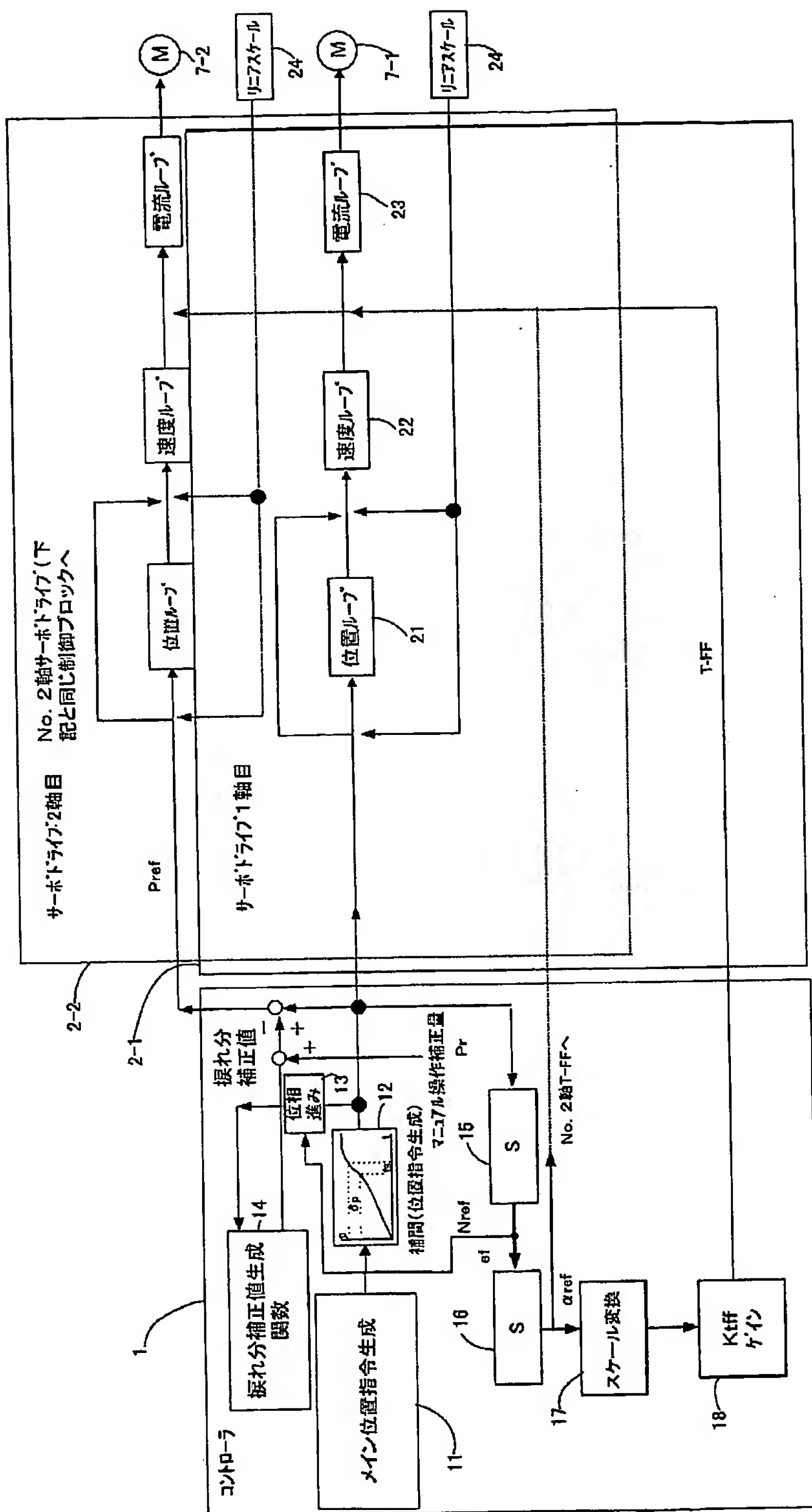
【書類名】

図面

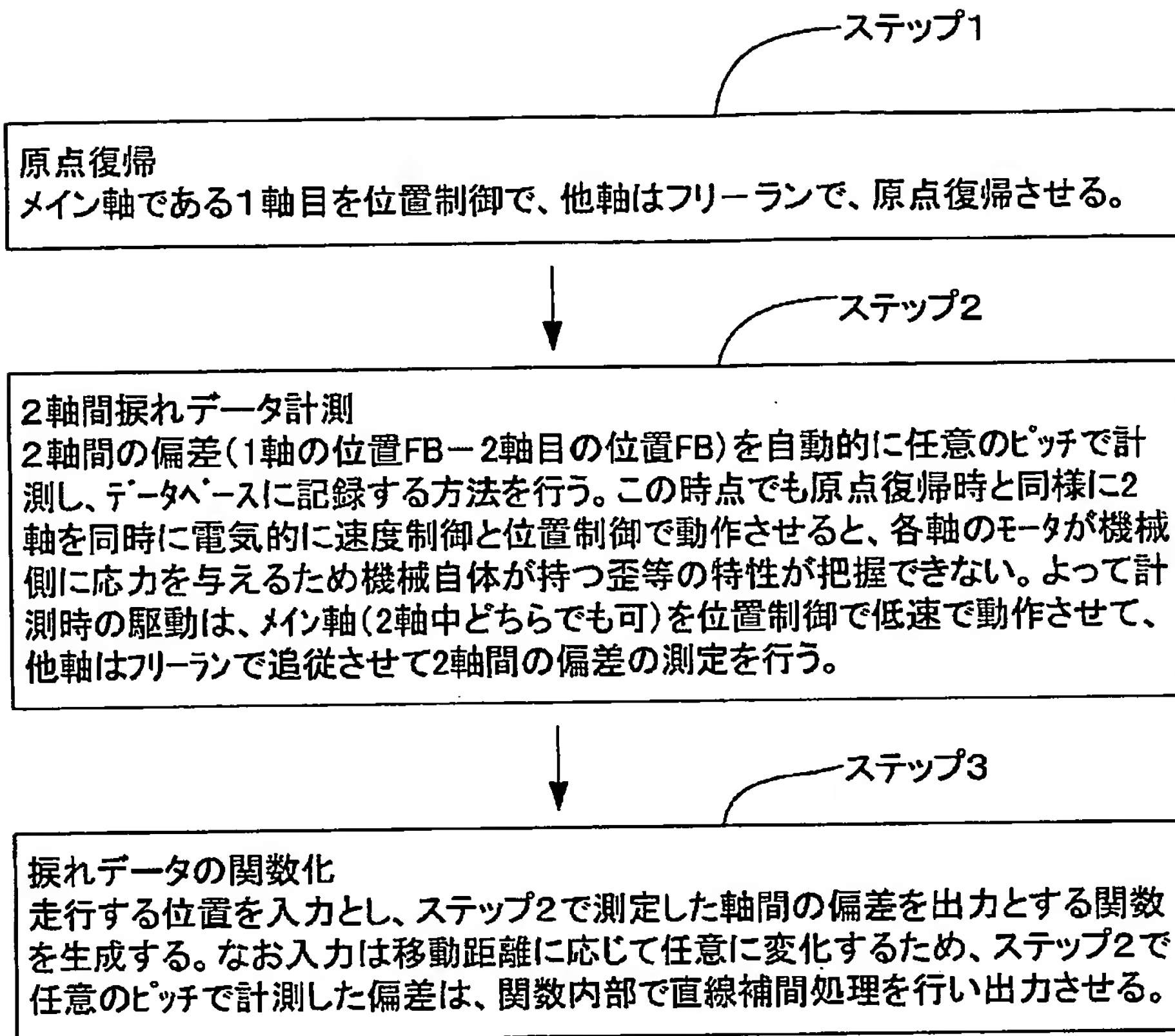
【図 1】



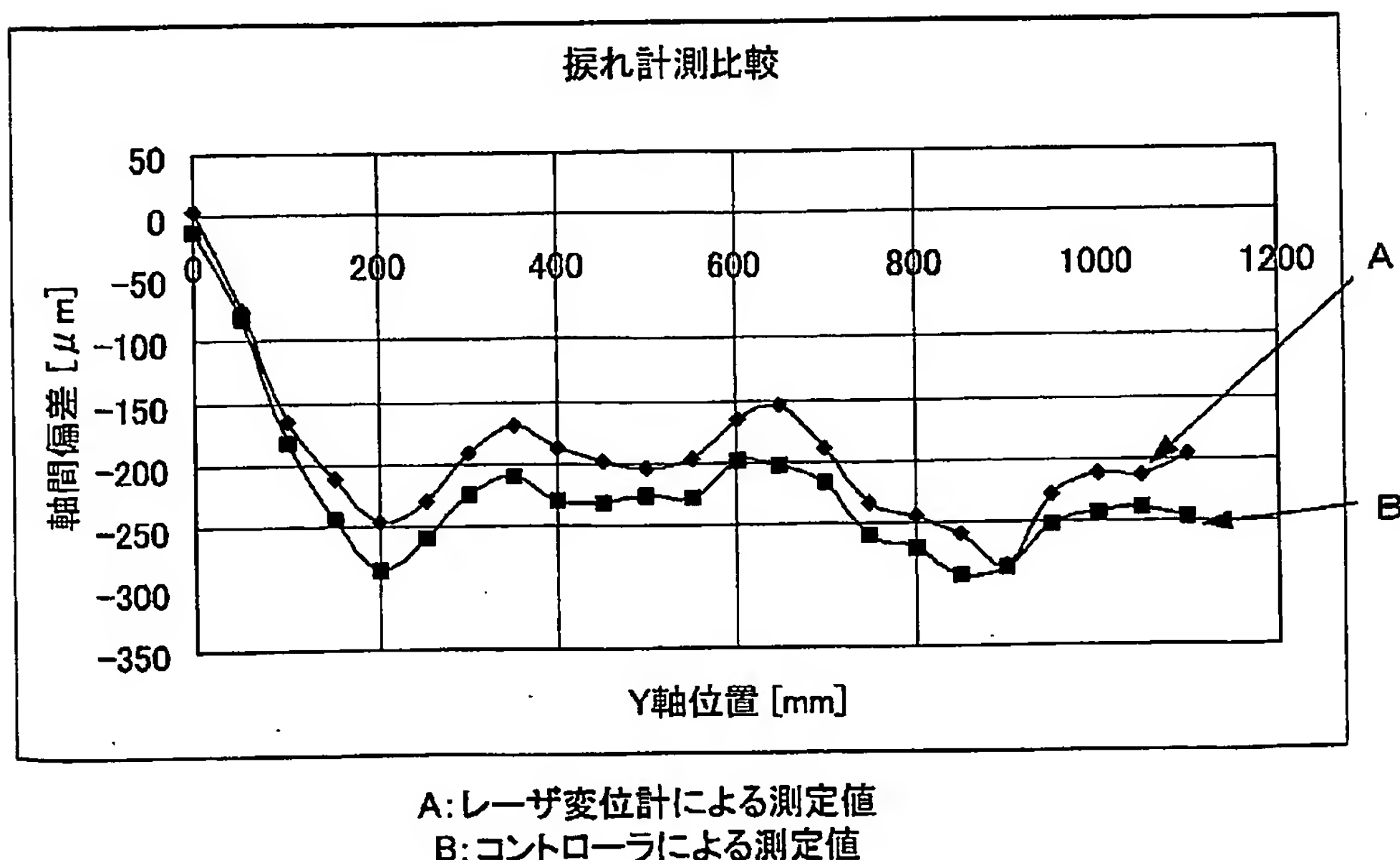
【図 2】



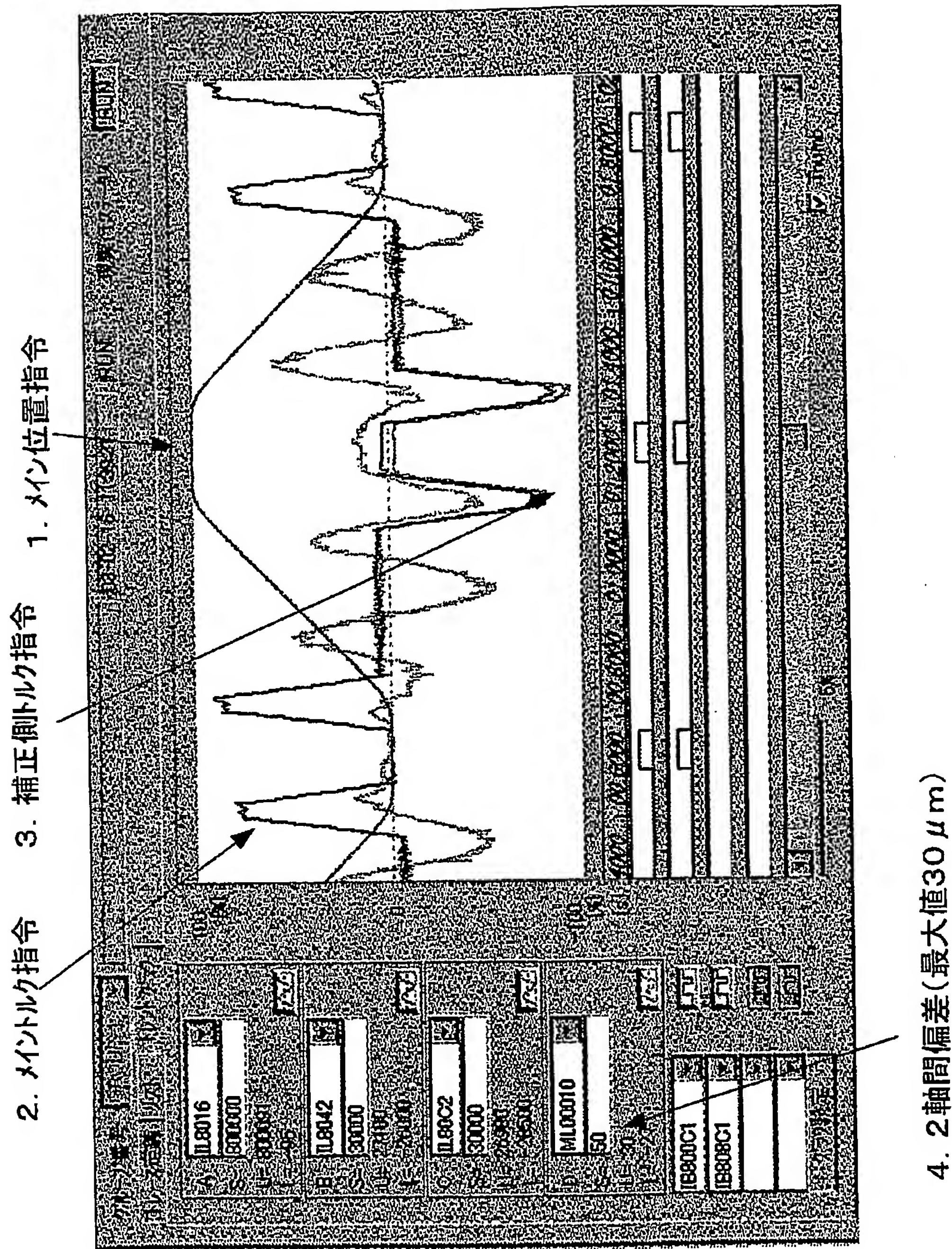
【図 3】



【図 4】

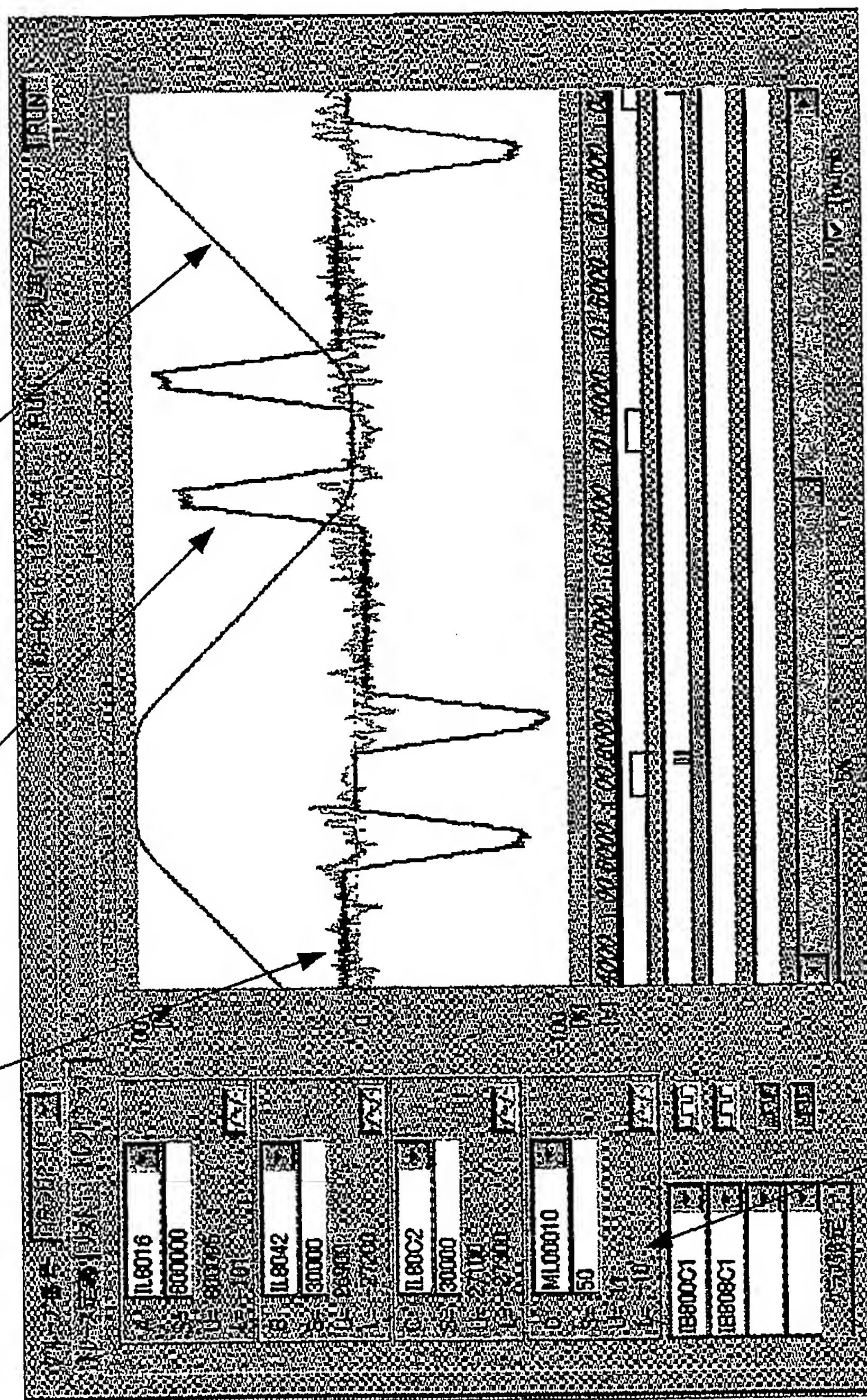


【図5】



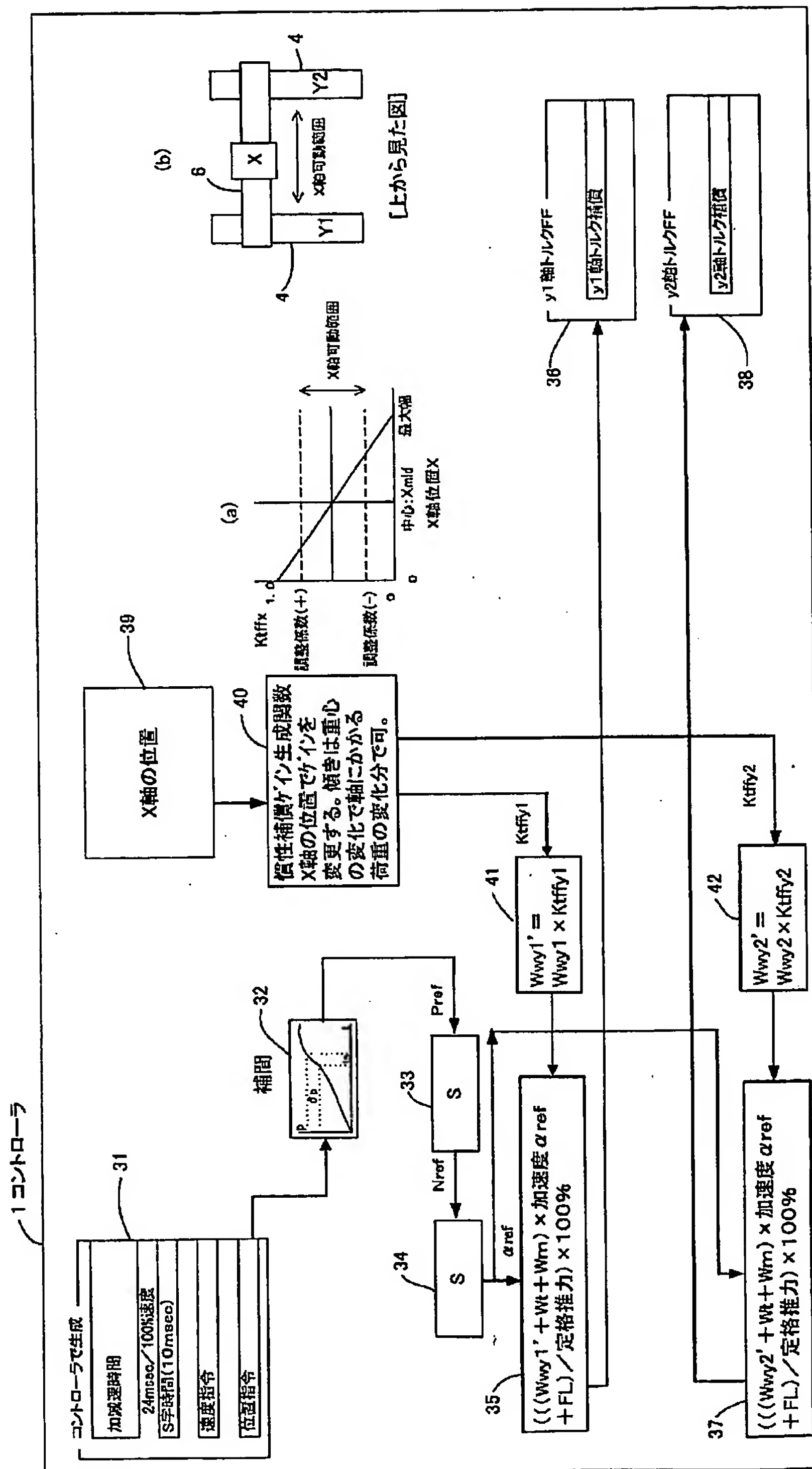
【図6】

3. 補正側トルク指令 2. メイントルク指令 1. メイン位置指令

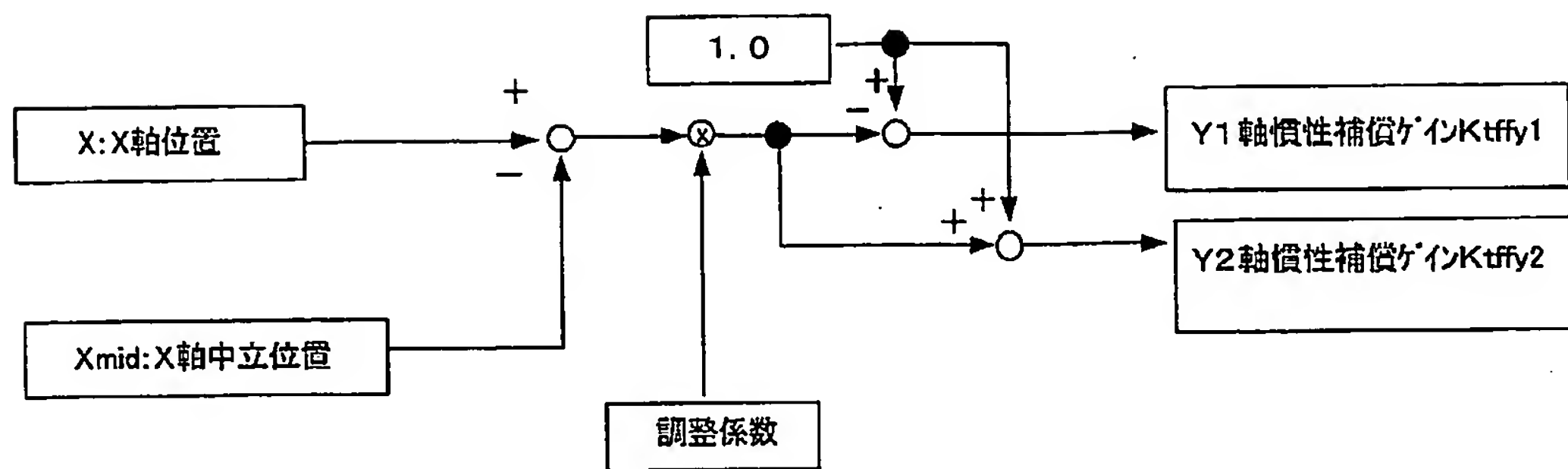


4. 2軸間偏差(最大111 μ m)

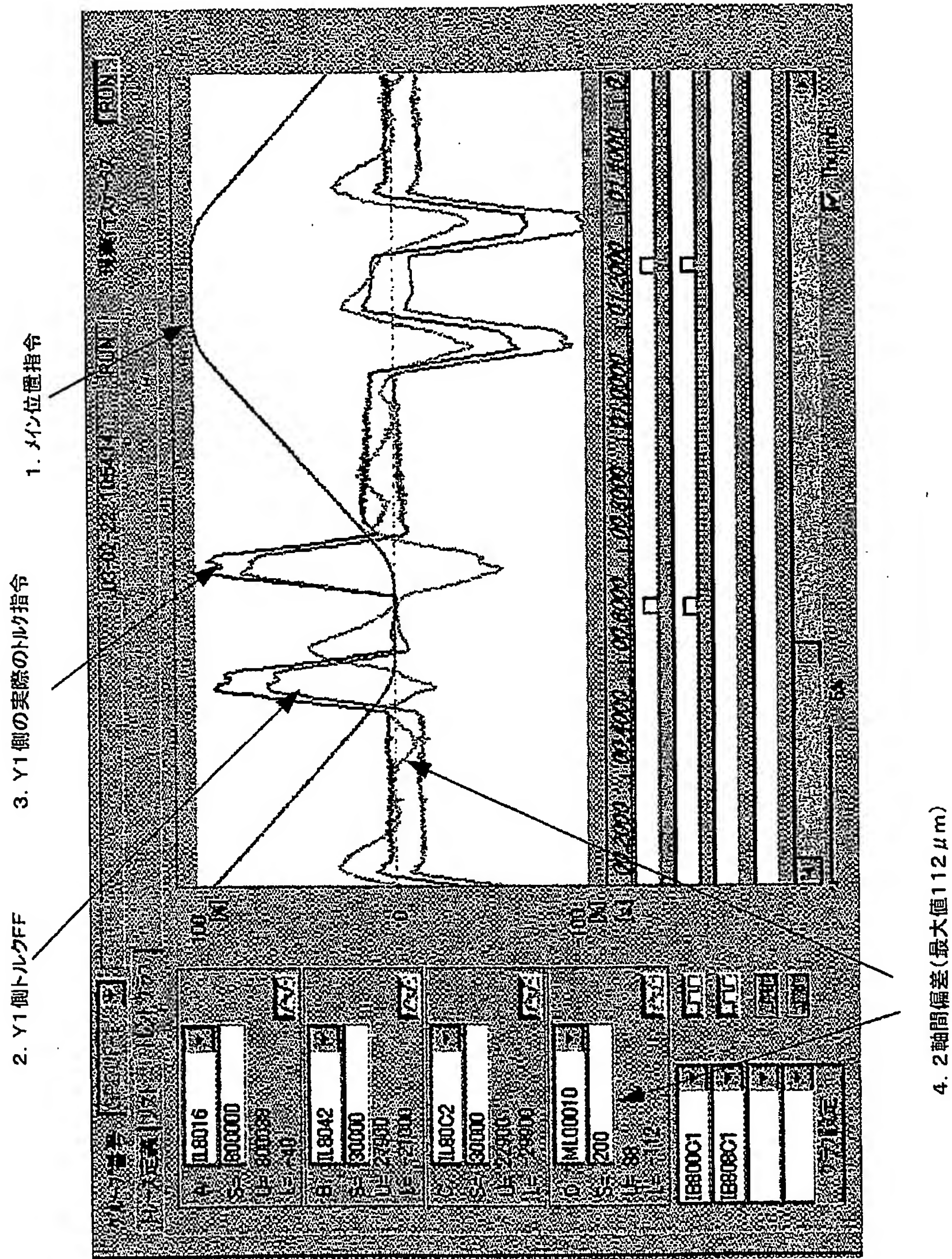
【図7】



【図 8】



【図 9】

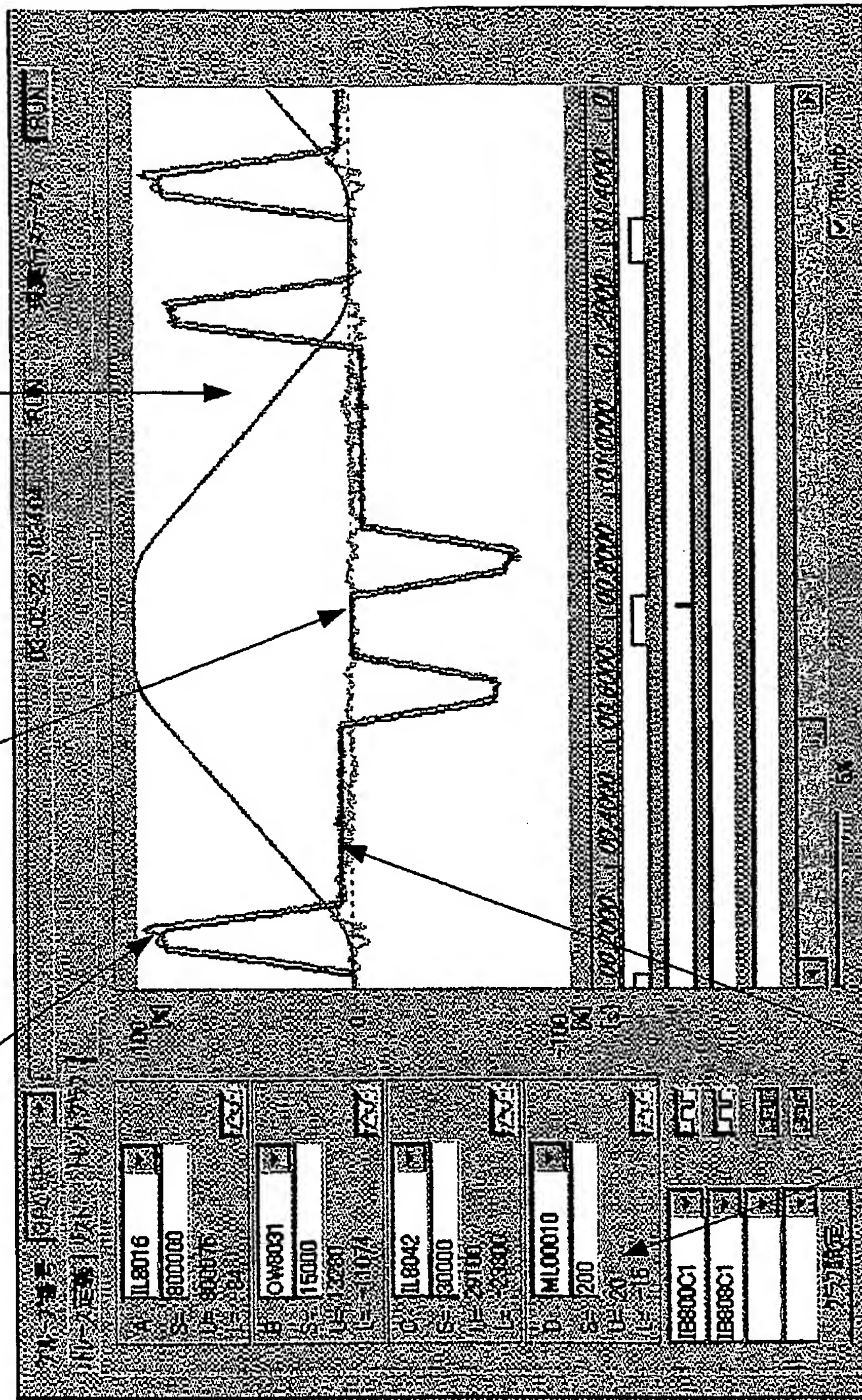


【図 10】

1. メイン位置指令

2. Y1側の実際のトルク指令

3. Y1側トルクFF



4. 2軸間偏差(最大20μm)

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 ガントリー形の構造をもつ機械に対して、容易に高速、高精度の動作を実現することのできるツイン同期方法を提供する。

【解決手段】 締結部（締結治具6）により機械的に締結されている2つの軸（可動子3）を駆動する2つのモータを同期して運転するツイン同期制御方法において、2つの軸のうち一方の軸を位置制御で低速動作させ、他方の軸はフリーランで追従させて原点復帰を行い、一方の軸と他方の軸の位置偏差を任意のピッチで計測し、一方の軸が走行する位置に対応する前記位置偏差を関数としてデータベースに記録し、1つの位置指令をメイン位置指令として一方の軸にはそのまま分配し、他方の軸には前記データベースに記録された関数を用いて補正した位置指令として分配して運転を行う。

【選択図】 図1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2003-117287
受付番号	50300669001
書類名	特許願
担当官	第三担当上席 0092
作成日	平成15年 4月23日

<認定情報・付加情報>

【提出日】	平成15年 4月22日
-------	-------------

次頁無

特願 2003-117287

出願人履歴情報

識別番号

[000006622]

1. 変更年月日
[変更理由]

1991年 9月27日

名称変更

住所変更

住 所
氏 名

福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号
株式会社安川電機